

La technique du bi-maillage appliquée au formage incrémental

Richard DUCLOUX ¹, Etienne PERCHAT ², Lionel FOURMENT ³

¹ Transvalor, Richard.Ducloux@Transvalor.com

² Transvalor, Etienne.Perchat@Transvalor.com

³ MinesParitech, Cemef, lionel.fourment@mines-paritech.fr

Résumé — Dans ce texte nous présentons l'application de la technique du bi-maillage à la simulation de procédés de mise en forme incrémentale à froid. Après une comparaison de la méthode avec des techniques plus traditionnelles sur un cas académique, nous présenterons des résultats sur un cas plus complexe.

Mots clés — Formage incrémental, Efficacité informatique, Bi-maillage

1. Introduction

La mise en forme à froid est un procédé intéressant. Il permet de produire des pièces avec un usinage réduit pourvu que l'on sache gérer les problèmes d'endommagement liés à la faible ductilité du matériau. Pour y parvenir, il est tentant d'utiliser le formage incrémental connu pour accroître la déformation admissible et de réduire énormément les efforts mis en jeu. Du point de vue de la simulation, cela implique de savoir gérer des cinématiques d'outils complexes mais surtout le nombre très important de pas de temps nécessaires à une intégration précise des trajectoires. Pour résoudre le problème de temps de calcul associé, on peut utiliser un maillage grossier ou un solveur explicite mais ces deux solutions ne fournissent pas de résultats suffisamment précis. Le Logiciel Forge dans sa version 2013 incorpore la technique du Bi-maillage présentée ci-dessous.

2. Présentation de la méthode

Dans le cas de zones de déformations localisées et mobiles, l'idée la plus répandue est d'adapter le maillage au taux de déformation. On peut le faire en utilisant directement le champ ou plus simplement en attachant une boîte de maillage à un outil de mise en forme. Avec ces méthodes le maillage restera fin dans la zone de mise en forme et plus grossier ailleurs. L'inconvénient d'une telle méthode est que si l'on permet le dé-raffinement, on perd toute la précision des cartes obtenues et si on l'interdit, le maillage croît continuellement.

L'idée principale de la technique de bi-maillage est de séparer les maillages de calcul et de stockage. L'utilisateur fournit un maillage uniformément fin qui sera le maillage de stockage. Le logiciel en déduit automatiquement un maillage de calcul en conservant le maillage initial identique à l'origine dans la zone de déformation et en dé-raffinant ailleurs. La solution en vitesse/pression calculée est interpolée sur le maillage de stockage. Comme les maillages sont identiques dans la zone de déformation, l'erreur d'interpolation est nulle ; ailleurs, il ne se passe rien sinon du déplacement de corps solide. On peut ensuite réactualiser le maillage et résoudre l'équation de la chaleur. Si la zone de déformation bouge, on régénère le maillage de calcul.

3. Validation sur un cas académique

Il s'agit d'une sorte d'emboutissage incrémental. La tôle se déforme sous l'action du déplacement d'un pion (Figure 1a). La Figure 1b représente le maillage de calcul à 2 étapes différentes. Ici,

l'épaisseur de la tôle est de 1 mm et le diamètre de 100mm. L'objectif est de tester cette méthode en visualisant les profils de contraintes et d'endommagement dans l'épaisseur. Pour se faire, nous avons utilisé un maillage légèrement anisotrope avec 3 éléments dans l'épaisseur : soit 500000 éléments au total. Le maillage de calcul passe de 50000 à 120000 éléments au cours de calcul pour prendre en compte la légère augmentation de complexité de forme.

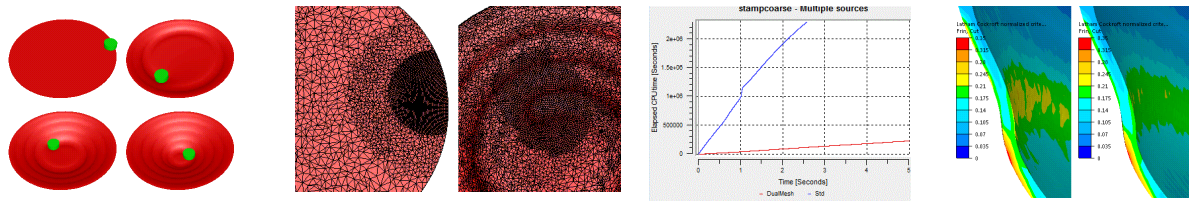


Figure 1a, b, c, d: Process, Maillage de calcul, CPU & Endommagement

Pour avoir une variation continue de la zone de contact, nous avons utilisé un petit pas de temps et le nombre d'incrément total est de 10000. La Figure 1c compare les temps de calcul avec et sans Bi-maillage. L'efficacité de la méthode étant confirmée, il reste à vérifier la qualité de la solution. La Figure 1d représente la carte d'endommagement dans l'épaisseur.

3. Application au 'Rotary swaging'

Il s'agit d'un procédé qui rencontre un intérêt croissant. Il permet de produire des pièces creuses avec des formes à l'intérieur (Figure 2a). On part d'un tube enfilé sur un mandrin et tenu par un manipulateur (Figure 2b). Le manipulateur déplace et tourne la pièce sous les marteaux qui frappent continuellement. Ici la pièce est produite après 250 coups (Figure 2c).

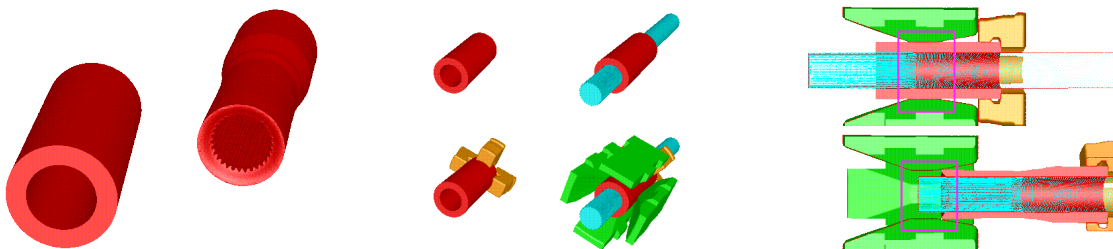


Figure 2 a, b, c : Situation initiale et finale, Process & Zone de déformation

La taille du maillage (3 millions d'éléments), autorisée par la méthode (Figure 3a), permet de garantir une grande finesse des résultats que ce soit l'équilibre des forces sur les marteaux opposés (Figure 3b) ou la distribution de déformation (Figure 3c).

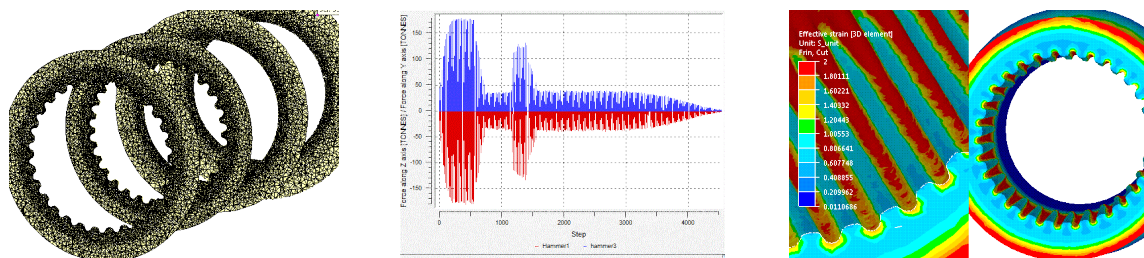


Figure 3 a, b, c Maillage Forces & Déformation équivalente